

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

PROBLEMATIKA ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ NA LISECH

ISSUES OF DROPFORGING ON PRESSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Jelínek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

Brno 2021

Zadaní bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Tomáš Jelínek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Kamil Podaný, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Problematika zápustkového kování na lisech

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o zpracování literární studie technologie zápustkového kování na lisech. Rešerše bude obsahovat základní rozdělení, princip, výhody a nevýhody.

Cíle bakalářské práce:

- provést průzkum v oblasti zápustkového kování na kovacíh lisech,
- popsat princip,
- zhodnotit využitelnost a problémy,
- uvést příklady použití v praxi.

Seznam doporučené literatury:

PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. Úvod do tváření I [online]. Ostrava, 2001 [cit. 2012-03-04]. Dostupné z: http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV1.pdf

HAŠEK, Vladimír. Kování. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980. 730 s.

PRIMUS, František. Teorie objemového tváření. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1990. s. 250.

HÝSEK, Rudolf. Tvářecí stroje (1971). 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1972.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření. Brno: RVO VA, 1994. 214 s.

SCHULER GMBH. Handbuch der Umformtechnik. Berlin Heidelberg: Springer, 1996, 565 s. ISBN 35-406-1099-5.

KOPECKÝ, Miloslav a Bedřich RUDOLF. Tvářecí stroje: Mechanické a hydraulické lisy. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1967. 328 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

.....
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D. řed
ústavu

.....
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

JELÍNEK Tomáš: Problematika zápustkového kování na lisech

Práce se zabývá problematikou zápustkového kování na lisech, jedná se o silové tvářecí stroje, které pracují klidným tlakem pracovní části. Jejich hlavní nevýhodou je zakování vzniklých okují do výkovku. Pro zápustkové kování se používají lisy hydraulické a mechanické. Tato technologie je využívána zejména v sériové výrobě ve většině oblastí průmyslu. Pro dosažení kvalitního výkovku je nutný správný ohřev polotovaru na kovací teplotu, čímž je snížen deformační odpor, opotřebení nástrojů a potřebná tvářecí síla. Návrh výkovku vychází z výkresové dokumentace požadovaného dílu a dle tvaru výrobku se volí dělicí rovina, velikost přídavků, přípustné mezní úchytky a tolerance. Dále je nutno zohlednit výronkovou drážku, upínání zápustek a druh vyhazovače. Na trhu vystupuje mnoho firem, které se zabývají zápustkovým kovááním. Pro názornost je uvedeno několik z nich, s přehledem strojního a výrobního portfolia.

Klíčová slova: kování, lis, zápustka, objemové tváření, výkovek

ABSTRACT

JELÍNEK Tomáš: Issues of drop forging on presses

This thesis is focused on the issue of drop forging on presses. The power forming machines works with calm pressure of the forging part. Their main disadvantage is the forging of the slag layer into the product. Hydraulic and mechanical presses are used for drop forging. This technology is mainly used in series production in most industries. To achieve a quality forging is necessary proper heating of the semi-finished product to the forging temperature. This reduces deformation resistance, tool wear and the required forming force. The design of the forging is based on the drawing documentation of the required part. The shape of the product is driving for the dividing plane, the size of the stock, the permissible geometry deviations and tolerances. It is also necessary to take into account the flash groove, the clamping of the dies and the type of ejector. There are many companies in the market that deal with die forging. For clarity, several of them are listed, with an overview of the machine and production portfolio.

Keywords: forging, press, die, volume forming, forged product

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JELÍNEK, Tomáš. *Problematika zápusťkového kování na lisech* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132277>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Kamil Podaný

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 21.5.2021

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a všem přátelům, za podporu během studia.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Str.

ÚVOD	9
1 ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ	10
1.1 Ohřev	10
2 LISY	13
2.1 Mechanické	15
2.2 Hydraulické	18
2.3 Porovnání	19
3 KONSTRUKCE A NÁVRH VÝKOVKU	20
3.1 Volba dělicí roviny	20
3.2 Zařazení výkovků podle tvarové složitosti	21
3.3 Přídavky	21
4 ZÁPUSTKY	26
4.1 Výronková drážka	27
4.2 Vedení a upínání	27
4.3 Vyhazování výkovku	28
4.4 Mazání	29
5 VYUŽITÍ V PRAXI	30
6 ZÁVĚRY	32

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [6]

Tváření kovů je technologický proces výroby, při kterém se dosahuje požadovaného tvaru výrobku nebo polotovaru působením vnějších sil. Celá podstata spočívá ve vzniku plastických deformací, ke kterým dojde v okamžiku dosažení napětí na mezi kluzu pro daný materiál. Mezi hlavní výhody patří zvýšení pevnosti, zlepšení mechanických vlastností, zjemnění struktury, využití materiálu, vysoká rozměrová přesnost výrobků a produktivita práce. Nevýhodou je drahá cena strojů a nástrojů.

Jednou z metod objemového tváření za tepla je kování, které patří mezi nejstarší technologie, a nejčastěji se tímto způsobem vyráběly zbraně a nástroje. V současné době je zcela běžná výroba volně kovaných součástí (obr. 1).

Zápustkovým kovááním se dosahuje větších přesností. Výrobky zhotovené tímto způsobem jsou zobrazeny na obr. 2. Zpracováním materiálu, na lisech pomocí plynule působící síly nebo bucharech vlivem několika po sobě jdoucích úderů, je zhotoven výkovek (obr. 3). Touto metodou se vyrábí vysoký počet tvarově stejných součástí z oceli (obr. 4).

Tato práce se dále bude věnovat problematice zápustkového kování na lisech.



Obr. 1 Kované součásti [6]



Obr. 2 Zápustkové výkovky [4]



Obr. 3 Výkovek [4]



Obr. 4 Výkovky hromadné výroby [4]

Pro získání optimální kovací teploty je třeba materiál ohřát v pecích, které mohou být konstruovány jako:

- Komorové - jsou konstrukčně jednoduché (obr. 7), nevýhodou je nemožnost průchodu ohřívaného materiálu.
- Průchozí - jednotlivé části pece jsou vyhřívány na rozdílnou teplotu a procházející materiál se tak může postupně ohřívat potřebnou rychlostí.

Pro ohřev jsou používány tyto typy pecí:

- Plynové – ohřev spalovací komory je prováděn pomocí plynových hořáků, které spalují plyn smíšený s předehřátým vzduchem na teploty okolo 300 °C a tím předávají teplo polotovaru. Poměr plynu a vzduchu se reguluje pomocí hořáků, které vytváří plamen:

- Redukční - má přebytek plynu a dochází k nauhličení.
- Oxidační - se vyznačuje přebytkem vzduchu, který při spalování snižuje množství dusíku v procesu. Tím se dosáhne snížení objemu spalného plynu, zlepši se tepelná účinnost, zvýší rychlost ohřevu a sníží se nároky na energii.
- Neutrální - obsahuje stejný poměr vzduchu a plynu.



Obr. 7 Plynová komorová pec [13]

Teplota v celém prostoru pece je stejná a snadno regulovatelná. Nevýhoda tohoto ohřevu spočívá v přímém kontaktu zplodin s materiálem, který je přímo vystaven účinkům hořáků.

- Elektrické odporové – střídavý proud o velké intenzitě a nízkém napětí prochází ohřívaným polotovarem a tepla se dosahuje elektrickým odporem materiálu. Výhodou je přesně regulovatelná teplota pece, teplo závisí pouze na elektrickém příkonu. Rozložení teploty je v celém průřezu rovnoměrné s velmi rychlým ohřevem. V peci (obr. 8) lze vytvořit umělou atmosféru, aniž by došlo k ovlivnění její účinnosti, nedochází ke spalování plynů a tím tvorbě okují.



Obr. 8 Elektrická odporová pec [13]

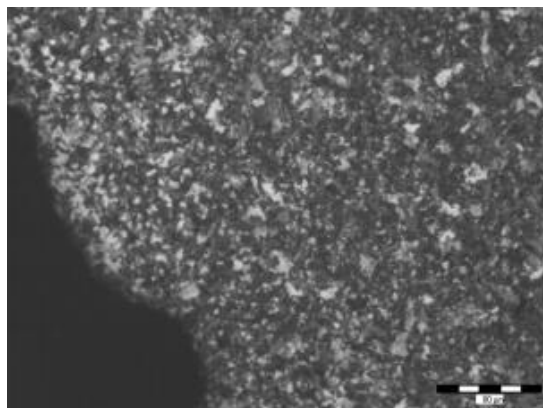
- Elektrické indukční – ohřívají polotovary působením vířivých proudů, ke kterým dochází v materiálu účinkem střídavého elektromagnetického pole, které se vytvoří v induktoru. Nejčastěji je to válcová cívka s jednou nebo několika vrstvami vinutí (obr. 9). V peci lze ohřívát pouze materiály, které jsou elektricky vodivé. Základní veličina pro určení optimální hloubky vniku je frekvence střídavého proudu, která se pohybuje v rozmezí od 50 do 10 000 Hz. Čím větší je průměr polotovaru, tím menší je použitá frekvence. Výhodou jsou malé ztráty okujením, nedochází k oduhličení povrchu materiálu, výkovky lze vyrábět s menšími přísadkami na obrábění.



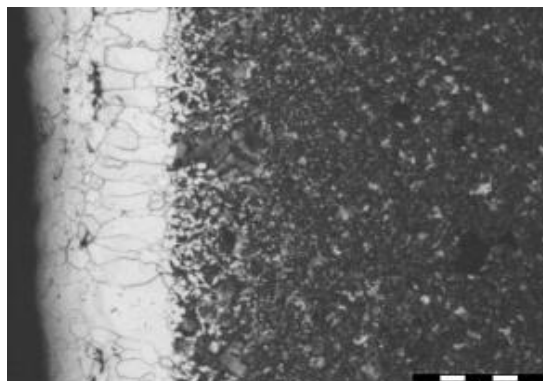
Obr. 9 Indukční ohřev [11]

Kov se musí prohřát rovnoměrně v celém objemu součásti, jinak dochází k vadám výkovku. Při nevhodně zvoleném postupu nebo ohřevu polotovaru se nejčastěji vyskytují tyto defekty:

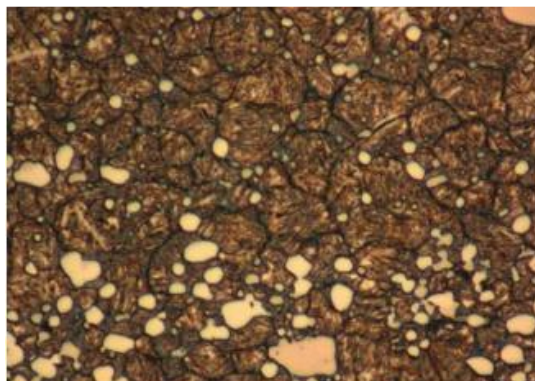
- Opal – vzniká v důsledku působení pecní atmosféry, která obsahuje okysličující plyny. Na povrchové vrstvě ohřívaného tělesa dojde k oxidaci a následně vzniká na povrchu vrstva okují, jejichž mikrostruktura je vyobrazena na obr. 10. Okuje mají špatný vliv na rozměry a jakost výkovku, často jsou zakovány a zvyšují opotřebení zápustky. Oxidace se urychluje neustálým opadáváním okují z povrchu ohřívaného tělesa a to z důvodu jejich rozdílné tepelné roztažnosti oproti základnímu kovu.
- Oduhličení – je ochuzení povrchu materiálu o uhlík, což se projeví snížením pevnosti, povrchové tvrdosti a dalších vlastností závislých na obsahu uhlíku, tím se zhoršují vlastnosti tvářeného materiálu. Probíhá současně s oxidací, ale zasahuje do větší hloubky. Mikrostruktura oduhličené vrstvy, vyobrazená na obr. 11, nedosahuje po tepelném zpracování potřebné tvrdosti. Snižuje např. pevnost nebo povrchovou tvrdost.
- Přehřátí a spálení – k přehřátí dochází při delší výdrži na velmi vysokých teplotách a tím zhrubne zrna, které znehodnocuje plastické vlastnosti ocelí. Spálení nastává ve chvíli, kdy se ohřev přiblíží k teplotě tavení. Hranice zrn se nataví (obr. 12) a dojde k úplnému znehodnocení. Náprava spálení už není možná, na rozdíl od přehřátí, kde se následky odstraňují dostatečným prokováním nebo speciálním difúzním žíháním.



Obr. 10 Zokujený povrch [12]



Obr. 11 Oduhličená oblast [12]



Obr. 12 Mikrostruktura spálené oceli [14]

2 LISY [7], [8], [15], [16], [17], [18], [19], [20]

Mezi silové tvářecí stroje patří lisy, které pracují klidným tlakem pracovní části s přímočarým vratným pohybem, přičemž stlačují zápusťku plynulým zdvihem. Pro každou zápusťkovou dutinu je operace provedena na jeden zdvih. Rychlost beranu se pohybuje v rozmezí 0,01 až 2 m.s⁻¹.

Nevýhodou kování na těchto strojích je, že konstantním tlakem neopadávají okraje a mohou se zalisovat do výkovku. Na druhou stranu pomocí lisů s lepším vedením beranu a použití automatických vyhazovačů se dosahuje přesnějších rozměrů.

Jedním z nejdůležitějších konstrukčních prvků lisu je stojan, který zachycuje síly vznikající při tváření a současně slouží také k uchycení jeho ostatních částí. Měly by být dostatečně tuhé, pevné, stabilní a zabírat co nejmenší půdorysnou plochu a umožnit snadný odběr výrobků i odpadu z pracovního prostoru. Stojany mohou být:

- Uzavřené - jsou složeny z příčníku, stojin a stolu a bývají celistvé nebo dělené. Jsou tužší než otevřené, ale přístup k pracovnímu prostoru je omezen. Celistvý uzavřený stojan je znázorněn na obr. 13.
- Otevřené - jsou jednostojanové a dvoustojanové. Velkou výhodou je přístup k pracovnímu místu ze tří stran, ale jsou méně tuhé. Otevřený stojan je k vidění na obr. 14.



Obr. 13 Uzavřený stojan [19]



Obr. 14 Otevřený stojan [16]

Pro zvolení dostatečně silného lisu je nutné znát potřebnou kovací sílu v dokončovací dutině, která je závislá na hmotnosti a tvaru výkovku. Výpočet kovací síly lze stanovit podle:

- Brjuchanov-Rebelského

$$F_k = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot D_v) \cdot \left(1,1 \cdot \frac{20}{D_v}\right)^2 \cdot \sigma_p \cdot S_v \text{ [N]}, \quad (2.1)$$

kde: σ_p – přirozený přetvárný odpor [N.mm⁻²]

D_v - průměr výkovku bez výronku v dělicí rovině [mm]

S_v – plocha výkovku v dělicí rovině [mm²]

- Storoževa

$$F_k = \sigma_p \left[\left(1,5 + \frac{b}{2 \cdot h} \right) \cdot S_{v\gamma r} + \left(1,5 + \frac{b}{h} + 0,1 \cdot \frac{D_v}{h} \right) \cdot S_v \right] [N], \quad (2.2)$$

kde: b - šířka můstku [mm]

h - výška můstku [mm]

$S_{v\gamma r}$ - plocha průřezu výronku v šířce můstku do dělící roviny [mm²]

- Tomlenova

Výsledná kovací síla je součtem normálové a tangenciální složky napětí.

$$F_k = F_N + F_T [N]. \quad (2.3)$$

kde: F_N - síla vznikající od normálových složek napětí [N]

F_T - síla vznikající od tangenciálních složek napětí [N]

Síla od normálových složek napětí:

$$F_N = 2 \cdot \pi \cdot \sum_{j=1}^n r_j \cdot S_j [N]. \quad (2.4)$$

kde: r_j - vzdálenost těžiště plochy od osy výkovku [mm]

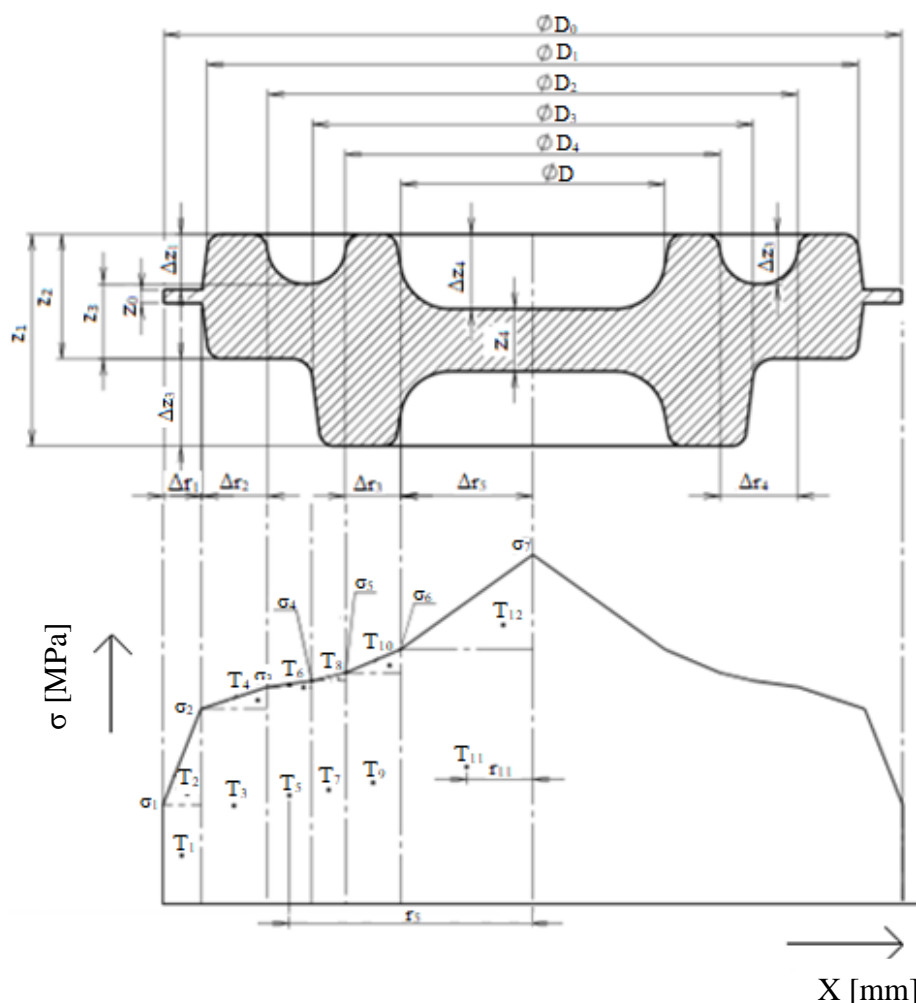
S_j - velikost dílčí plochy pod křivkou napětí [MPa · mm]

Síla vznikající od tangenciálních složek napětí:

$$F_T = \frac{R_{mT}}{2} \cdot \pi \cdot \sum_{j=1}^n \Delta S_j' [N]. \quad (2.5)$$

kde: R_{mT} - pevnost materiálu za kovací teploty [MPa]

$\Delta S_j'$ - boční plocha výkovku v pohybujícím se dílu zápusťky [mm²]



Obr. 15 Diagram průběhu nárůstu normálových napětí u výkovku

Výpočet dílčích ploch pod čarami přetvárných odporů je nutný k výpočtu normálových složek napětí:

$$S_j = \sigma_{dn} \cdot \Delta r_n \text{ [MPa} \cdot \text{mm]}. \quad (2.6)$$

kde: σ_{dn} – napětí v jednotlivých bodech průřezu [MPa]

Δr_n – šířka průřezu [mm]

$$S_{j+1} = (\sigma_{dn+1} - \sigma_{dn}) \cdot \frac{\Delta r_n}{2} \text{ [MPa} \cdot \text{mm]}. \quad (2.7)$$

kde: S_{j+1} – velikost následující dílčí plochy pod křivkou napětí [MPa · mm]

σ_{dn+1} – napětí následujícího bodu průřezu [MPa]

Napětí v jednotlivých bodech průřezu je potřeba vypočítat pro dílčí plochy (obr. 15):

$$\sigma_{d0} = 1,285 \cdot R_{mT} \cdot C_0 \text{ [MPa]}. \quad (2.8)$$

kde: C_0 – součinitel snížení plasticity mat. u výronku vlivem poklesu teploty

$$\sigma_{dn} = \sigma_{dn-1} + R_{mT} \cdot C_0 \cdot \frac{\Delta r_n}{z_n} \text{ [MPa]} \quad (2.9)$$

kde: σ_{dn-1} – napětí v předchozím bodě [MPa]

z_n – výška průřezu [mm]

Tvářecí síla může být vyvozena mechanicky nebo hydraulicky, což rozděluje lisy na dvě hlavní skupiny, mechanické a hydraulické.

2.1 Mechanické [16], [17], [18], [20], [21], [22], [23], [24]

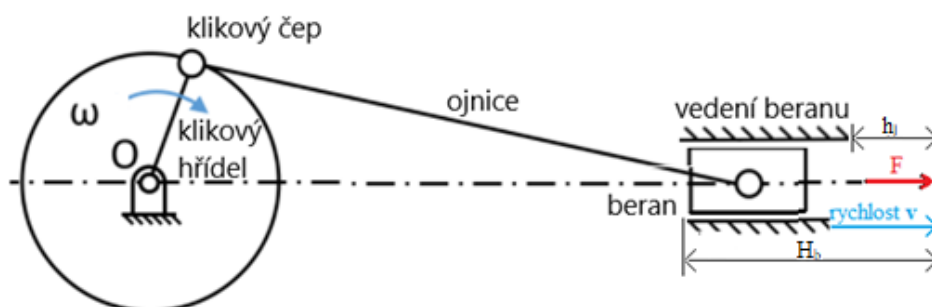
K přenosu energie se používají různé výkonné mechanismy, jako jsou klikové, výstředníkové, kolenové, vačkové, vřetenové a třecí. Nejvíce se využívá klikového mechanismu. Tyto lisy mají své charakteristické parametry, mezi které patří:

- Jmenovitá síla 'F' – největší dovolená síla, kterou může lis vyvinout
- Jmenovitý zdvih lisu 'h_l' – dráha, na které působí lis jmenovitou silou
- Celkový zdvih beranu 'H_b' – dráha, po které se pohybuje beran

Mechanické lisy je možné rozdělit do následujících kategorií:

- Klikové – používají k přenosu síly z pohonu na tvářený materiál klikový mechanismus, který je znázorněn na obr. 16. Otáčivý pohyb kliky se mění na přímočarý posuvný pohyb beranu pomocí ojnice. Síla 'F' a rychlost beranu je závislá na zdvihu 'h_l'. Obvykle je tento typ lisu vybaven elektromotorem, který přes klínové řemeny pohání setrvačnick s vestavěnou spojku a následně přes ozubené převody klikový hřídel nebo klikové kolo mechanismu. Maximální tvářecí síla je omezena konstrukcí a její pevností. Výhodou těchto lisů je, že jsou velmi univerzální a mohou být začleněny do tvářecích linek, kde vykonávají různé operace.

Mezi nedostatky patří velké nebezpečí přetížení některých částí lisu při tváření. To je způsobováno jejich kinematickými vazbami a dynamikou jejich pohonného mechanismu. Lis lze zatížit jen takovou silou, která je menší než dovolená a jmenovitá síla lisu.



Obr. 16 Klikový mechanismus [24]

Lisy využívající klikového mechanismu se dají rozdělit na:

- Svislé kovací - jejich tuhá konstrukce hlavních částí, zesílené a prodloužené vedení beranu s větším počtem zdvihů patří mezi hlavní znaky. Musí mít masivní konstrukci, jinak by se deformoval stůl. Tuhost mechanismu je dána krátkou ojnicí, excentrickým hřídelem, velkým beranem a dvojmístným vedením (nahore a dole). Přestavitelné smýkadlo, vyhazovač a reverzace otáčení, které se například používá, když se beran lisu zasekne, je součástí svislých kovacích lisů (obr. 17). Na tváření za tepla se využívá sil, které dosahují až 120 MN, zdvih beranu se pohybuje v rozmezí 200 až 500 mm s počtem 35 až 110 zdvihů za minutu a jsou vhodné pro kování menších dílů. Lisy musí být při tak velikých silách dostatečně tuhé, aby se nedeformovaly, proto mají značnou hmotnost a k usazení jsou nutné dostatečné základy. Jsou vhodné pro výkovky se symetrickým, kruhovým nebo kvadratickým půdorysem a výkovky s krátkou podélnou osou (čepy, páky, ojnice).



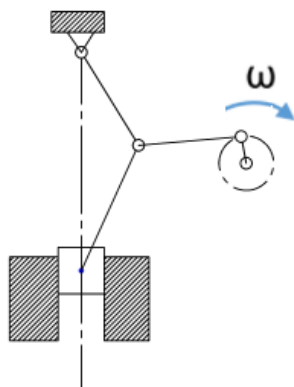
Obr. 17 Svislý kovací lis [22]

- Vodorovné kovací – jsou určeny pro výrobu různých výkovků z tyčového materiálu, používají se pro kování s výronkem i bez něj. Hlavním znakem jsou vícedílné zápustky, ty se rozevírají ve dvou vzájemně kolmých rovinách. Pomocí svíracího mechanismu spojeného s beranem, je zabezpečeno jejich otevírání a zavírání. Na stojanu lisu je vždy upevněna nepohyblivá část zápustky. Jelikož nejběžnějším způsobem kování je varianta v uzavřené zápustce bez výronku, musí se do kovací dutiny vkládat tyč, jejíž objem odpovídá objemu výkovku. Jsou velmi vhodné pro kování výkovků s průchozími otvory, prohlubeninami a výstupky. Vodorovné kovací lisy (obr. 18) používají oproti svislým kovacím lisům asi o 60 % menší tvářecí sílu. Jsou konstruovány s maximální jmenovitou silou 30 MN. Jelikož se využívají na přesné zápustkové kování, mají velmi tuhou konstrukci.



Obr. 18 Vodorovný kovací lis [22]

- Kolenové - přenos síly z pohonu na tvářený materiál je zprostředkován pomocí klikového mechanismu s připojenou binární dvojicí (kolenový kloub), jehož schéma je na obr. 19. Beran je výškově přestavitelný a jeho zdvih je konstantní. Díky kolenovému mechanismu dosahují tyto lisy velkých sil, které jsou na konci zdvihu až pětkrát větší než u klikových lisů stejných rozměrů. Proto jsou tyto stroje menší a lehčí. Kolenové lisy (obr. 20) se využívají tam, kde je třeba velká tvářecí síla při malém prostoru, např. při ražení mincí, výrobě příborů a podobných drobných výrobků. Také jsou využívány pro kalibrování složitých zápustkových výkovků, například v automobilním a leteckém průmyslu.



Obr. 19 Kolenový mechanismus [23]



Obr. 20 Kolenový lis [22]

- Vřetenové – tváří pomocí nahromaděné kinematické energie v hmotách. Vřeteno koná rotační a beran translační pohyb. Kovací kapacita lisu je určena jeho jmenovitou silou F . Přenos síly zajišťuje poháněcí mechanismus složený z vřetena, pohybového vícechodého šroubu s lichoběžníkovým závitem a maticí, která bývá uložena v horní příčce rámu lisu. Vřetenový lis (obr. 21) nemá omezen zdvih beranu, což umožňuje tvářet několika následujícími údery. Obvykle se výkovek kove jedním, maximálně dvěma údery, výjimečně lze kovat v jedné předkovací dutině. Dokončovací dutina je polohována vždy do osy vřetene. Na těchto lisech se kovájí tvarově jednoduché výkovky a nedoporučuje se kovat výkovky s tenkými stěnami a vysokými žebry. Jsou využívány pro malosériové výroby.



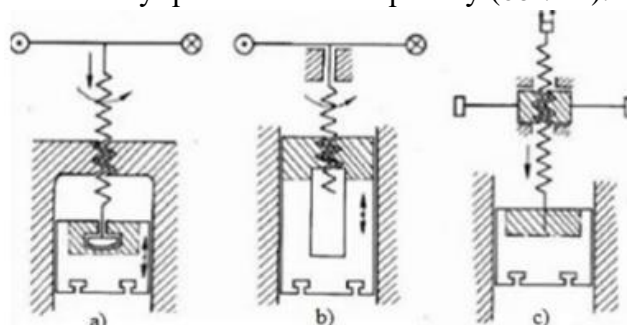
Obr. 21 Vřetenový lis [16]

Mezi nejrozšířenější mechanismy patří třecí, protože je jednoduchý a spolehlivý. Nevýhodou je prokluz třecích kotoučů při změně pohybu beranu. Existuje několik typů převodových mechanismů, mezi které patří:

- Bezkotoučový – odstraňuje prokluzování
- Jednokotoučový – málo robustní a náchylný k poruchám
- Dvoukotoučový – nejpoužívanější lisy, využívají se pro přesné zápustkové kování
- Tříkotoučový – eliminuje rázy a také patří mezi často se vyskytující lisy

Pohyb hlavního pohonného mechanismu může být proveden třemi způsoby (obr. 22):

- Vřeteno se otáčí a matice s beranem koná posuvný pohyb; používají se na výrobu předkovků (obr. 22a).
- Vřeteno se otáčí a zároveň koná posuvný pohyb, matice je pevně spojená s rámem (obr. 22b).
- Otáčí se pouze matice a vřeteno koná posuvný pohyb (obr. 22c).



Obr. 22. Schéma pohybu pohonu [17]

Hlavní předností vřetenových lisů je univerzálnost, jednoduchá konstrukce a nízké výrobní náklady, proto mají tyto lisy tak široké použití. Jsou schopny vyvodit přídržný tlak při dosednutí kovadel, což pomáhá tváření.

Nevýhodou těchto lisů je velká stavební výška, obtížná automatizace a malý počet úderů za minutu. Proto nejsou vhodné pro sériovou výrobu.

2.2 Hydraulické [17], [18], [19], [21]

Pracovní síla beranu je vyvozena hydraulickým převodem tlakové energie pracovní kapaliny. Hydraulické lisy pracují v nejtěžších podmínkách, kde je vysoká teplota součástí, které jsou v pracovním prostoru. Jako pracovní kapaliny se využívají zejména hydraulické oleje nebo vodní emulze, které jsou odolné vůči mechanickému, tepelnému a chemickému namáhání. Lisy tohoto typu se využívají ve třech různých konstrukčních provedeních, které jsou zobrazeny na obr. 23:

- “C” rám - jmenovitá síla se pohybuje od 5 až 12 MN (obr. 23a)
- dvousloupové - u těchto lisů má beran doplňkové vedení, které snižuje velikost ohybového momentu ve sloupech (obr. 23b)
- čtyřsloupové - se vyrábějí s jmenovitou silou, která dosahuje až 150 MN (obr. 23c)



Obr. 23 Druhy konstrukce hydraulických lisů [19]

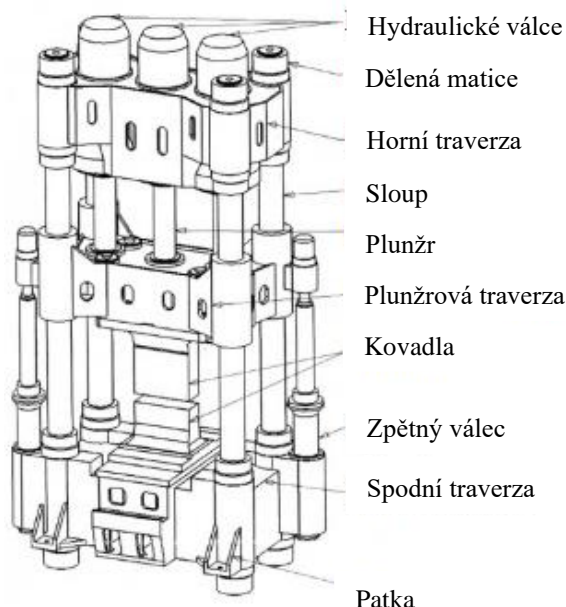
Hydraulické kovací lisy se využívají na kování rozměrných výkovků. Díky tomu, že jsou schopny vyvodit vysokou tvářecí sílu, používají se v těžkých provozech.

Důležitou částí hydraulických lisů je jejich pohon, který může být:

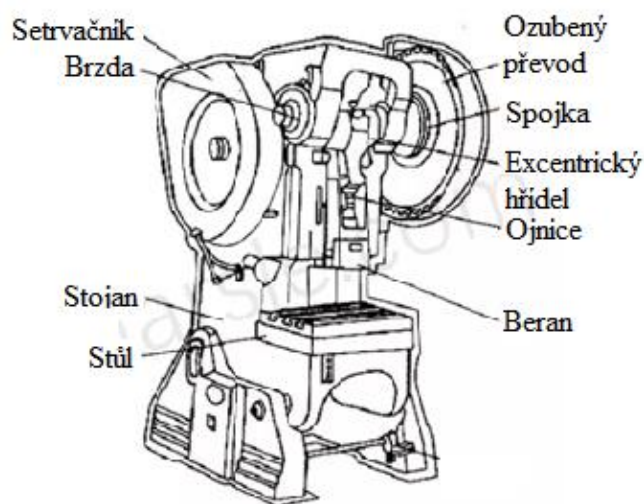
- Přímý - neboli čerpadlový hydraulický pohon je jednoduchý a levný. Tlak pracovní kapaliny je proměnný a závisí na odporu pístu. Jeho rychlost je závislá pouze na množství kapaliny čerpadla, jehož výkon odpovídá maximálnímu požadovanému výkonu stroje.
- Nepřímý - neboli akumulátorový hydraulický pohon má nižší účinnost než přímý. Akumulátor slouží jako zdroj energie a vytváří konstantní tlak kapaliny. Energie nahromaděná v akumulátoru umožňuje v krátké době dosáhnout rychlosti pístu až 10 m/s.
- Multiplikátorový - je sestaven ze dvou válců různých průměrů a slouží ke zvýšení tlaku kapaliny dopravované hydromotoru na 40 až 100 MPa.
- Kombinovaný - je různá kombinace pohonů uvedených výše.

2.3 Porovnání [17], [18], [20], [25], [26]

Porovnání výhod a nevýhod hydraulických lisů je zobrazeno v tab. 1 a porovnání mechanických je v tab. 2. Pro lepší představu, rozdílnosti těchto strojů jsou přiloženy obrázky s jejich částmi. Na obr. 24 je zobrazen hydraulický lis a na obr. 25 je lis mechanický.



Obr. 24 Části hydraulického lisu [25]



Obr. 25 Části mechanického lisu [26]

Tab. 1 Výhody a nevýhody hydraulických lisů

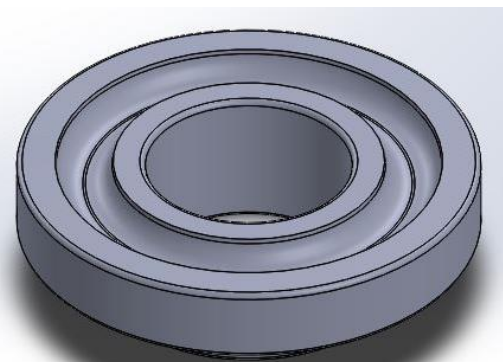
Výhody	<ul style="list-style-type: none"> ✓ vyvíjejí sílu až 1000 MN ✓ jmenovitá síla lze vyvodit v libovolném místě zdvihu ✓ možnost plynulé regulace rychlosti ✓ plynulá regulace tlaku ✓ snadné docílení konstantní síly a rychlosti při tvářecím procesu ✓ snadná a rychlá reverzace pohybu pracovního pístu ✓ pracovní zdvih pístu lze nastavit kdekoliv v rozmezí celkového zdvihu ✓ možnost automatizace celého pracovního cyklu
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – horší účinnost – složitost konstrukce pohonu – pomalejší chod beranu zapříčiňuje menší výrobnost – nepřehlednost a nesnadná možnost zjištění poruch – vyšší pořizovací náklady při stejné jmenovité síle

Tab. 2 Výhody a nevýhody mechanických lisů

Výhody	<ul style="list-style-type: none"> ✓ všestrannost ✓ jednoduchá konstrukce ✓ nižší pořizovací náklady
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – nebezpečí přetížení stroje – tváření velkou silou po delší dráze je obtížné – maximální tvářecí síla je vykazována až těsně před dolní úvratí

3 KONSTRUKCE A NÁVRH VÝKOVKU [1], [2], [7]

Koncept výkovku je zapotřebí vyhotovit dříve než se navrhnu samotné zápustky pro kování podle výrobního stroje. Vychází se z výkresu vyhotovené součásti. Postup návrhu bude demonstrován na příkladu kola, které je zobrazeno na obr. 26. Pro nejvýhodnější tvar výkovku pro zápustkové kování je nejdříve nutné zhodnotit součást z technologického a ekonomického hlediska. Poté se rozhodne jak kovat tento díl nejefektivněji. Pro zhotovení výkresu výkovku je třeba určit dělicí rovinu, tvarovou složitost a potřebné přídavky.



Obr. 26 Vyráběné kolo

3.1 Volba dělicí roviny [2], [5], [7], [10]

Dělicí rovina rozděluje spodní a horní díl zápustky tak, aby bylo možné snadno vyjmout výkovek z dutiny zápustky. Příklady rovin jsou zobrazeny na obr. 27. Nejčastější umístění dělicí roviny je do osy souměrnosti (obr. 27a) nebo do úrovně dvou největších vzájemně kolmých rozměrů (obr. 27b). Pokud ovšem jiná volba roviny výrazně sníží váhu a odpad, volí se výhodnější dělicí rovina.

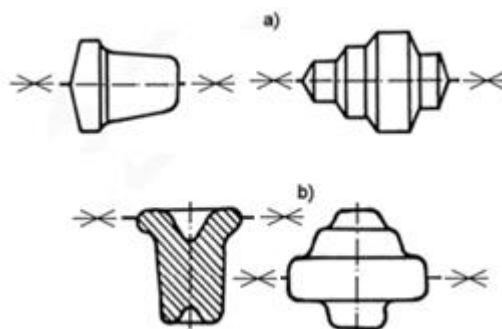
Konstrukce roviny musí umožnit plnění dutiny zápustky, správný průběh materiálových vláken, snadné vyjmutí výkovku a dokonalé ostřížení výronkové drážky.

Dělicí rovina může být:

- rovná – ideální, nevznikají axiální síly
- lomená – pro složité tvary může být lomena několikrát. Při kování vznikají nežádoucí síly působící do boků zápustky, které způsobují přesazování výkovků. Toto lze odstranit vhodnými úpravami např. vodícími plochami nebo opěrnými zámky (obr. 28), které tlaky zachycují.
- složená z různých úseků - například vodorovných, šikmých a válcových.

K eliminaci bočních sil se využívá kování dvou kusů dohromady (obr. 29), síly se v tomto případě zcela vyrovnají.

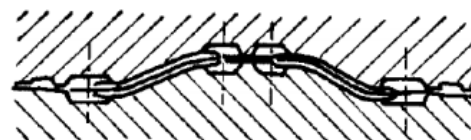
Dělicí rovina pro díl, na kterém je demonstrována názorná ukázka, je na obr. 30.



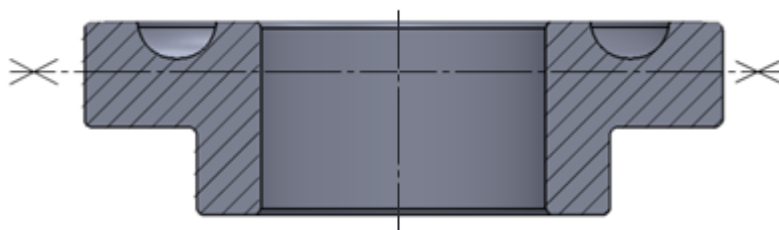
Obr. 27 Dělicí roviny [5]



Obr. 28 Dělicí rovina se zámkem [10]



Obr. 29 Kování dvou kusů [7]

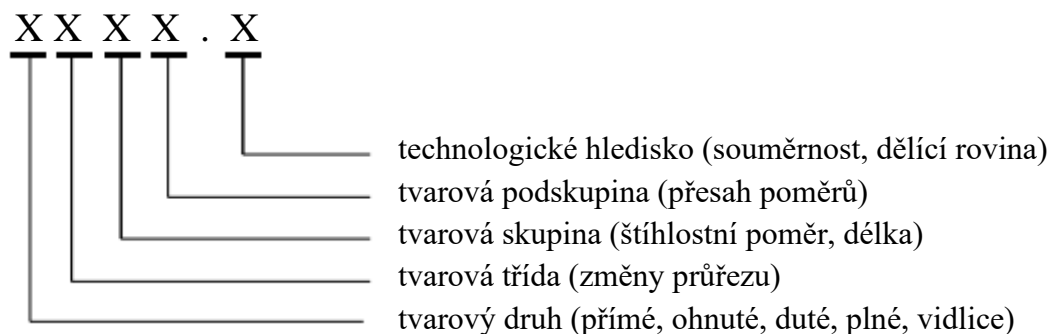


Obr. 30 Volba dělicí roviny

3.2 Zařazení výkovků podle tvarové složitosti [27]

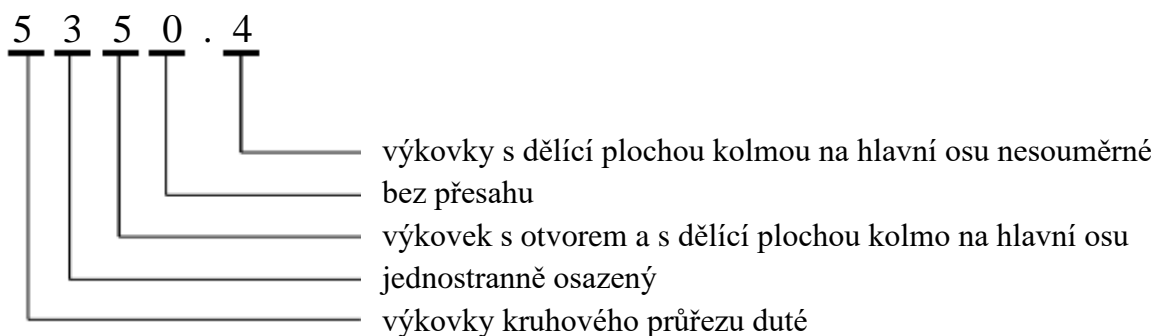
Každý výkovek je zařazen v určité kategorii, která se volí podle jejich tvaru a velikosti. Kategorie se určují k správnému stanovení tolerancí. K zařazení výkovků slouží norma ČSN 42 9002, která rozděluje výkovky pomocí pěti čísel.

Význam jednotlivých čísel:



Podrobněji rozepsané rozdělení výkovků je k dispozici v příloze 1.

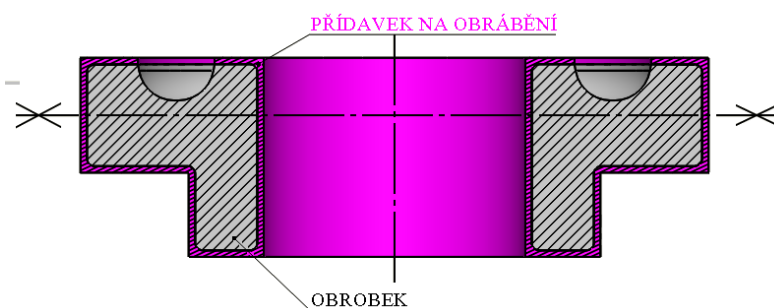
Demonstrováná součást má zařazení:



3.3 Přídavky [5], [28], [29], [30], [31]

Jmenovité rozměry zápusťkových výkovků se musí zvětšit o přídavky. Ty jsou voleny přiměřeně tak, aby na hotové součásti byl zajištěn požadovaný kvalitní povrch a předepsaná tolerance rozměrů. Rozdělují se na obráběcí a technologické.

Přídavek na obrábění (obr. 31) umožňuje odstranění znehodnoceného povrchu, který vzniká u výkovků kovaných za tepla. Faktory ovlivňující velikost přídavků na obrábění jsou šupiny, trhliny, přeložky a další povrchové vady, které dosahují příliš velké hloubky a jsou hlavními příčinami neshodných kusů. Všechny tyto nedostatky lze odstranit obráběním, a proto se volí přídavky na obrábění, které se dávají pouze na funkční plochy nebo na výkovky, u kterých je zapotřebí velké rozměrové přesnosti, hladkosti a dobré jakosti povrchu. To je důležité u součástí určených k následným povrchovým úpravám, jako je např. cementování, nitridování a podobně. Velikosti přídavků se určují z tab. 3, která je pro přesné provedení podle normy ČSN 42 9030 a vychází se z přesnosti provedení výkovku a pro všechny rozměry jsou stejné. Určují se dle největšího rozměru ve směru kolmo k rázu a podle jeho největší výšky.



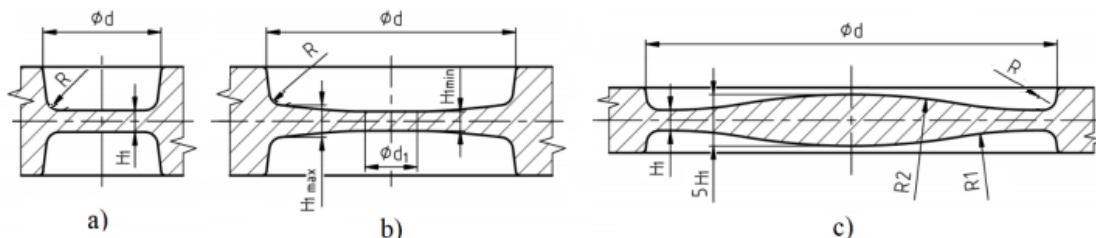
Obr. 31 Přídavky na obrábění

Tab. 3 Přidavky na obrábění ploch přesného provedení [28]

Největší průměr ve směru kolmém k rázu [mm]		Největší výška hotového výrobku [mm]							
		-	25	40	63	100	160	250	400
		Do 25	40	63	100	160	250	400	630
Od	Do	Přidavky na obrábění ploch [mm]							
-	25	1,3	1,3	1,8	1,8	1,8			
25	40	1,3	1,8	1,8	1,8	2,2	2,2		
40	63	1,8	1,8	1,8	2,2	2,2	2,2		
63	100	1,8	1,8	2,2	2,2	2,2	2,7	3,2	
100	160	1,8	2,2	2,2	2,2	2,7	3,2	3,2	
160	250	2,2	2,2	2,2	2,7	3,2	3,2	3,5	4,0

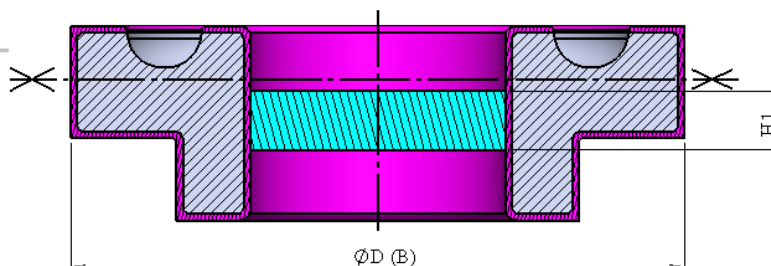
Technologické přidavky jsou voleny proto, aby výkovek byl dobře vyjímátný a kov správně vyplňoval dutinu zápustky, tím je dosaženo správného tvaru ke kování. Mezi technologické přidavky patří:

- Kovací blána – při zápustkovém kování nelze vykovat průchozí otvor, protože by se zápustky dotýkaly, a to je nepřípustné. Proto se v otvoru vytvoří blána, která se následně odstraní. Malé průměry děr se nepředkovávají, ale kovou se jako plné s technologickým přídatkem. Blánu je potřeba po vykování prostříhnout zároveň s ostříháváním výronku. Pokud je příliš tlustá, je potřeba větší síly pro děrování a spotřebuje se více materiálu. Pokud je příliš tenká, může způsobit potíže při dokování výkovku. Volba blán:
 - Obvyklé provedení je zobrazeno na obr. 32a).
 - Hluboký otvor je na obrázku 32b).
 - U výkovků s malou výškou a velkým průměrem je volen tvar podobný obr. 32c).



Obr. 32 Tvary kovacích blán v předkovaném otvoru [28]

Pro menší namáhání zápustky a zvýšení její životnosti je potřeba určit minimální tloušťku blány a stěny výkovku. Správnou tloušťku je třeba navrhnout z důvodu obtížného zatékání kovu do úzkých štěrbin, které je ovlivněno rychlým ochlazením od zápustky. Špatné zatékání znesnadňuje kování a znehodnocuje zápustkovou dutinu. Velikost minimálních hodnot je ovlivňována druhem tvářeného materiálu, způsobem toku materiálu, požadovanou přesností a celkovou tvarovou složitostí. Tloušťky se stanovují pro zabezpečení požadované tuhosti, docílení největší životnosti zápustky, nejpřesnějšího tvaru a nejmenší spotřeby materiálu. Pro určení tloušťky je tab. 4 dle ČSN 42 9030, která slouží jako směrnice pro konstrukci výkovku a pro stanovení přesahu výkovků. Rozměr 'D' je



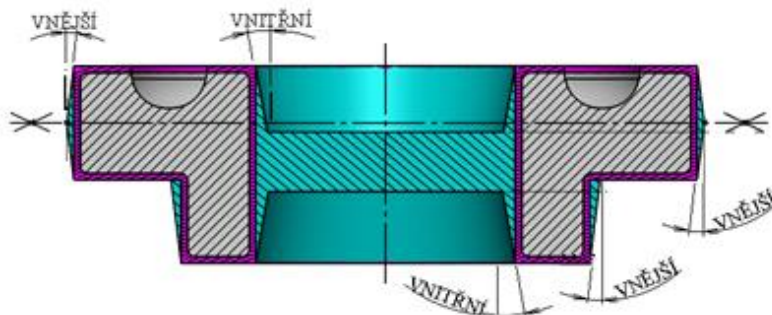
Obr. 33 Volba kovací blány

maximální průměr výkovku (rotační výkovky), rozměr 'B' je největší šířka výkovku (nerotační výkovky), ve směru kolmo k rázu. Volba kovací blány pro demonstrováný díl je naznačena na obr. 33.

Tab. 4 Nejmenší tloušťka dna, blány 'H1' a stěny 's' [28]

Největší rozměr výkovku ve směru kolmo k rázu (D, B) [mm]		Největší výška výkovku 'H' [mm]					
		Přes	10	20	40	63	100
		Do 10	25	40	63	100	160
Přes	do	Nejmenší tloušťka dna, blány 'H1' a stěny 's' [mm]					
-	40	4	5	6	7	9	
40	63	5	5	6	7	9	11
63	100	5	6	7	9	11	13
100	160	6	7	9	11	13	15
160	250	8	9	11	13	15	17
250	400	10	13	15	17	20	25

- Úkosy – bočních ploch jsou umisťovány na všechny plochy, které jsou kolmé na dělicí rovinu (obr. 34). Uspodňují vyjmutí výkovku ze zápustky. Úkosy na vnějších plochách bývají menší než na plochách vnitřních. Výkovek se při ochlazení smrští, jakmile je ve styku se zápustkou a mohl by uvíznout na trnu. Velikosti úkosů se volí podle velikosti a tvaru výkovku, dále podle druhu materiálu. Těžko tvářitelné materiály vyžadují větší úkosy než lehce tvářitelné. Jestliže se využívá vyhazovač, lze použít menší úkosy, protože i ty zaručí snadné vyjmutí výkovku. Doporučené hodnoty úkosů jsou uvedeny v tab. 5.



Obr. 34 Úkosy výkovku

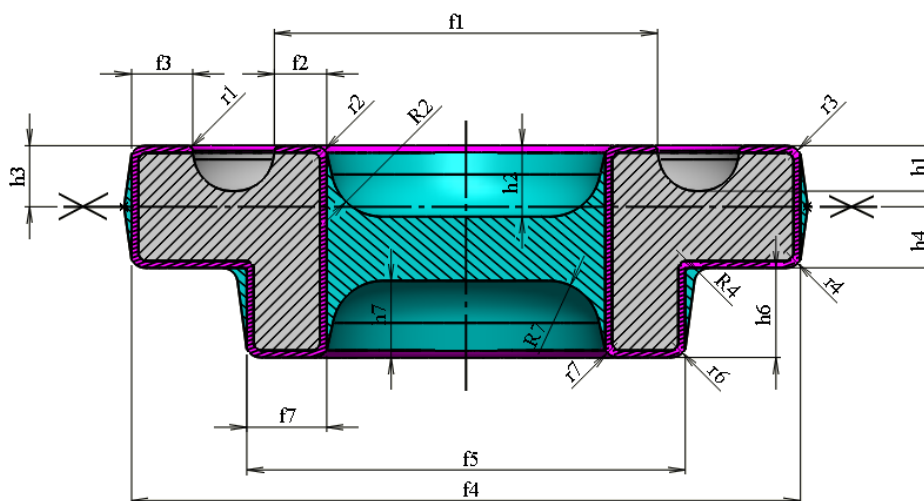
Tab. 5 Úkosy zápustkových výkovků [28]

Úkosy zápustkových výkovků na plochách	Vnějších	Vnitřních
Standartní úkosy	3°	7°
Pro lisy bez vyhazovače	7°	10°
Pro lisy s vyhazovačem	2° až 3°	3° až 5°

- Zaoblení hran a přechody – při konstrukci výkovku je velice důležité zvolit vhodné poloměry zaoblení hran a přechody kvůli správnému tečení materiálu. Kdyby měla dutina ostré hrany, tekoucí kov by hrany nevyplnil. Zaoblením se snižuje namáhání a opotřebení zápustek, také se zamezuje vzniku různých chyb výkovku a usnadňuje se jeho vyjmutí z dutiny zápustky. Poloměry zaoblení 'r' napomáhají správnému zaplnění dutiny zápustky, také snižují vrubový účinek, to je vliv vrubu na pevnost a životnost výrobku. Čím větší je poloměr zaoblení, tím menší je vrubový účinek. Díky dobře zvoleným přechodům 'R' nedochází k tvorbě přeložek a nadměrnému opotřebení hran zápustek. Volba zaoblení nikdy nesmí zmenšovat přídavky na obrábění. Určují se z poměru délky a výšky jednotlivých částí výkovku dle obr. 35, jsou rozdílné pro vnější a vnitřní hrany a volí se podle tabulky 6.

Tab. 6 Přejchody a zaoblení hran [28]

vnitřní poloměr 'r' a vnější poloměr 'R' při poměru [mm]		Výška 'h' [mm]						
		-	25	40	63	100	160	250
		do25	40	63	100	160	250	400
$h/f \leq 2$	r	2	3	4	5	8	12	20
	R	6	8	10	12	20	30	50
$2 < h/f \leq 4$	r	2	3	4	6	8	16	25
	R	8	10	12	20	25	45	75
$h/f > 4$	r	3	4	5	8	16	25	40
	R	10	12	20	25	40	65	100



Obr. 35 Zaoblení hran a přechody

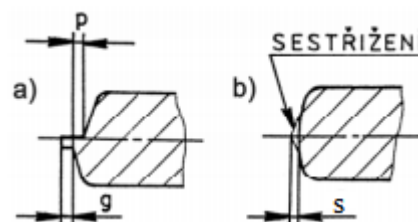
Následuje volba mezních úchylek a tolerancí rozměrů. Všechny rozměry a tvary ocelových výkovků jsou stanoveny normou ČSN 42 9030. Tabulkové hodnoty jsou udávány pro vnější rozměry, pro vnitřní rozměry platí tytéž hodnoty, ale s opačnými znaménky. V tab. 7 jsou uvedeny mezní úchylky přechodů a zaoblení hran.

Tab. 7 Mezní úchylky přechodů a zaoblení hran [28]

Poloměr zaoblení		Mezní úchylky			
Přes	Do				
0	10	+0,50 -0,25	·R	+0,25 -0,50	·r
10	32	+0,40 -0,20		+0,20 -0,40	
32	100	+0,30 -0,15		+0,15 -0,30	
100		+0,25 -0,10		+0,10 -0,25	

Přesnost výroby se stanoví podle stupně přesnosti z největších rozměrů výkovku ve směru kolmo k rázu a ve směru rázu dle tab. 8. Tolerance se dělí na obvyklé, přesné, velmi přesné a podle dohody. Pro kovací lisy se používá provedení 2 - přesné. Příčinou nepřesnosti zápusťkového kování a vznikem úchylek může být nepřesnost výroby zápusťek, vliv ohřevu materiálu, změna tvaru dutiny zápusťky opotřebením nebo deformací kování. Velikost přídatku na obrábění musí být větší jak součet všech úchylek. Úchyly tvaru výkovku zahrnují odchylky od požadovaného geometrického tvaru, mezi něž patří dovolené:

- přesazení – ‘p’ rozměr, o který mohou být body na jedné straně dělicí plochy posunuty oproti odpovídajícím bodům na druhé straně dělicí plochy ve směru rovnoběžném s hlavní dělicí plochou (obr. 36a).
- sestřižení – ‘s’ vznikne ostřižením přídatků výkovku (obr. 36b).
- otřep - ‘g’ zbytek materiálu, který vytekl mezi dělené části nástroje, který může zůstat na výkovku.
- průhyb - úchylka střední přímky výkovku od roviny
- nesouosost – dovolená úchylka otvorů je rovna hodnotám přesazení a úchylka děrovaných otvorů je rovna dvojnásobku hodnoty přesazení.
- stopy po vyhazovačích – hloubka stopy je rovna hodnotě mínusové mezní úchylky a její výška má 1,5-násobek hodnoty plusové mezní úchylky výkovku ve směru rázu



Obr. 36 Úchyly tvaru [31]

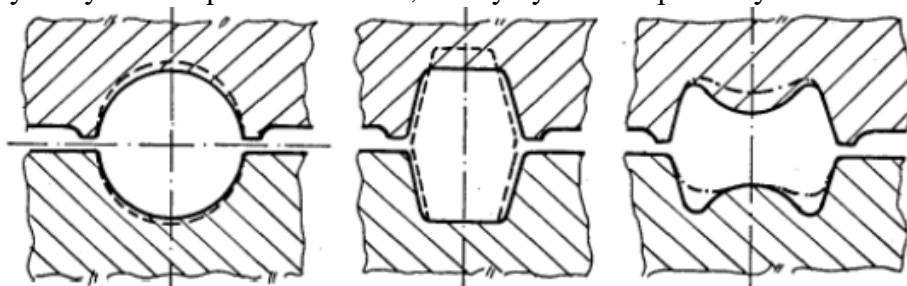
Tab. 8 Stupeň přesnosti dle ČSN 42 9030 [28]

Tvarový druh	Tvarová třída	Tvarová skupina	Tvarová podskupina	Technologické hledisko	Stupeň přesnosti pro provedení			
					2		3	
					Přesné		Velmi přesné	
					⊥	//	⊥	//
4; 6; 7	1 až 9	1; 5	0 až 9	1 až 2	4	4	3	3
		2; 3; 6; 7			4	5	3	4
		4; 8			5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5; 9	1;5	0 až 9	3;4;5	4	4	3	3
		2; 3; 4			4	5	3	4
		6; 7; 8			5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5; 9	X	0 až 9	6;7;8;9	5	6	4	5
	6 až 8				6	6	5	5
8	1 až 8	1; 2; 3; 4	0 až 9	1 až 9	5	6	4	5
		5; 6			6	6	5	5
8	9	1; 2	0 až 9	1 až 9	5	6	4	5
		3; 4; 5; 6; 7			6	6	5	5
9; 0	1 až 9	1; 2; 3; 4	0 až 9	1 až 9	5	5	4	4
		5; 6; 7; 8			6	6	5	5
Legenda: ⊥ - kolmo k rázu; // - ve směru rázu								

4 ZÁPUSTKY [1], [2], [30], [32], [33]

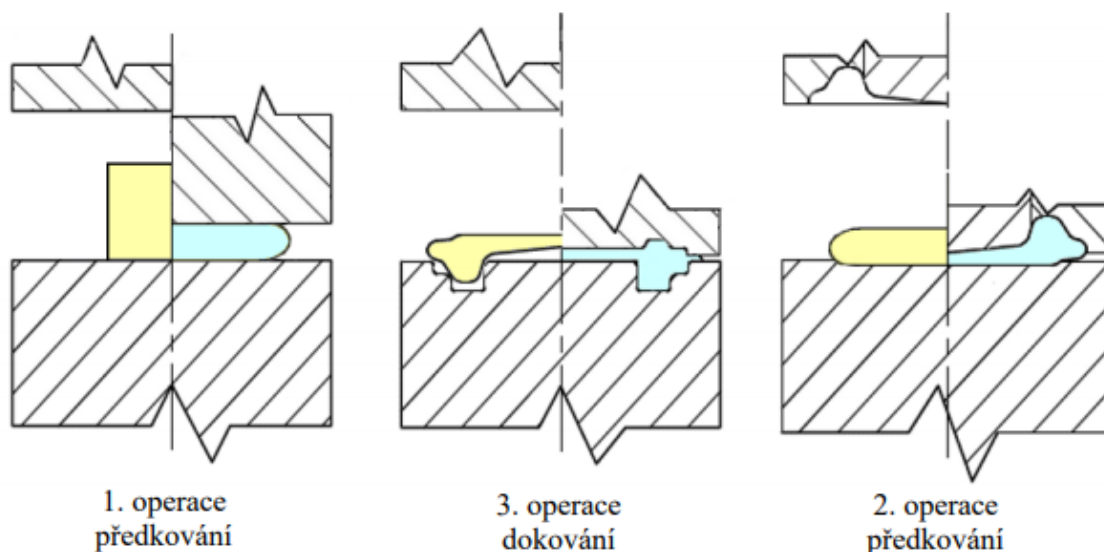
Kování statickým zatížením způsobuje snadnější tváření materiálu ve směru kolmém na tuto sílu. Proto se na lisech kovají převážně plošší výkovky a to ovlivňuje i konstrukci zápuštěk. Pro každou operaci na lisu je jiná zápušťka, čímž se dosáhne menšího opotřebení, protože žhavý kov je ve styku se zápuštěkou pouze po dobu jednoho stlačení. Počet zdvihů lisu je roven zpravidla počtu dutin pro zhotovení konečného tvaru výkovku. Svislé kovací lisy nejčastěji pracují na 3 operace, protože ve většině případů jsou uzpůsobeny pro tři dutiny (přípravná, předkovací, dokončovací). Jeden výkovek se postupně zpracuje minimálně na tři zdvihy lisu (obr. 38).

Při první operaci vlivem přechování polotovaru opadají z povrchu okraje, které jsou následně z povrchu odstraněny odflouknutím. V další fázi dochází k přiblížení tvaru finálního výkovku z předkovacích dutin tak, aby se co nejvíce přiblížil konečné podobě. Je nutné výkovek tvořit užší, ale vyšší než budoucí výrobek. V předkovací dutině je přebytek kovu 3 - 4 %, z důvodu bezpečného vyplnění dokončovací dutiny. Výronek bývá větší o 30 - 60 % než v dutině dokončovací, s čímž je spojena také šířka výronku. Ve většině případů se u běžných výkovků nevyužívá výronku pro předkovací dutinu. Tato dutina by měla mít tvar co možná nejpřesnější vzhledem k výkovku, a to z důvodu zvětšení její životnosti. Předkovací dutiny jsou zobrazeny na obr. 37 a mohou být vybaveny dle potřeby vyhazovači. Jestliže by se vynechala předkovací fáze, mohly by vznikat přeložky.



Obr. 37 Předkovací dutiny pro lisy [32]

Poslední fází je operace dokovávání, kde se vytvoří konečný výkovek. Jelikož je při dokovávání operaci potřeba největší síla, umísťuje se tato zápušťka uprostřed, aby nedocházelo k přílišnému výstřednímu namáhání beranu lisu.

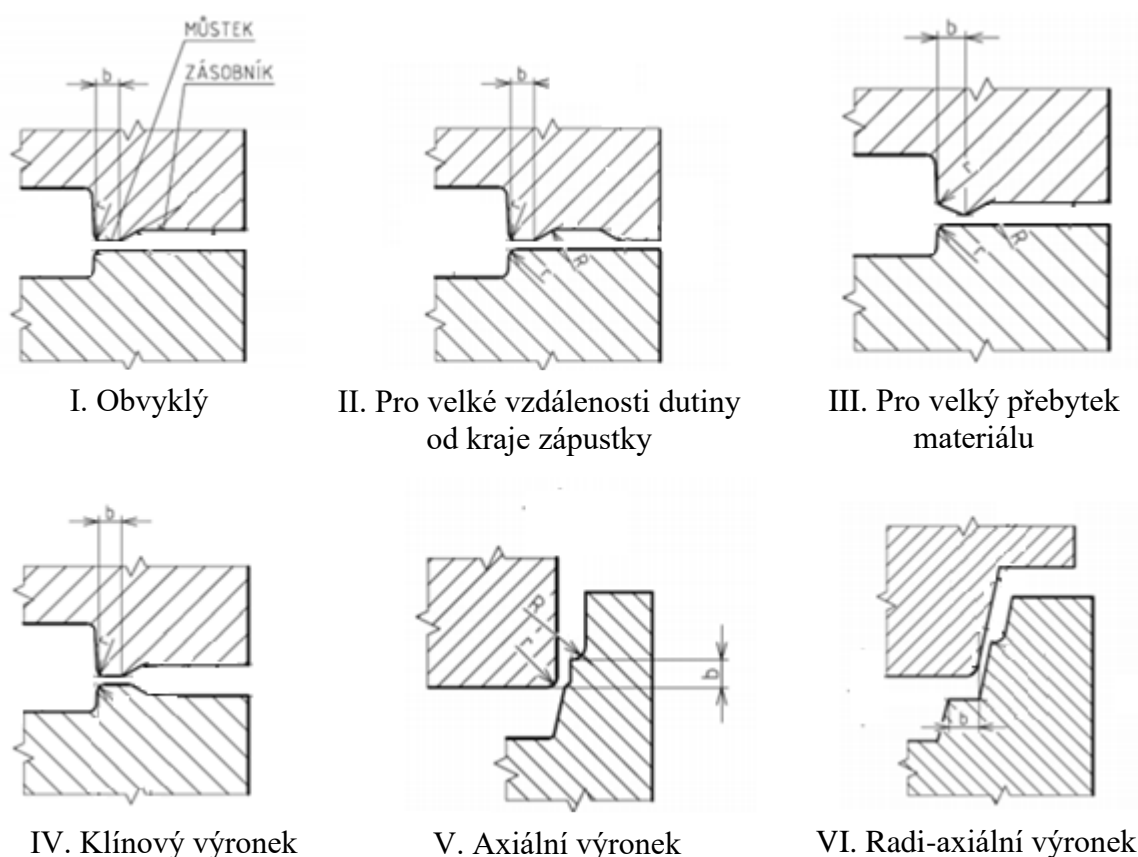


Obr. 38 Postup kování na lisu [30]

Nástrojové oceli na výrobu zápustek mají po tepelném zpracování nízkou houževnatost. Proto se zápustky předehřívají na kovací stroji nebo pískovém roštu na teplotu v rozsahu 200 - 300 °C a tím se zvětšuje i jejich životnost. Čím složitější a členitější je tvar dutiny, tím důležitější je předehřev. Bez předehřevu dochází k jejich praskání. Vyrábějí se z nástrojové oceli třídy 19, například 19 720, 19 552 a 19 662. Tyto oceli mají vysokou žárupevnost a zvýšenou žáruvzdornost a ořezodolnost.

4.1 Výronková drážka [2], [10], [15], [34], [35]

Po obvodu v oblasti dělicí roviny je vytvořena výronková drážka pro přebytečný materiál. Zápustky na sebe nesmí dosednout, mohou se kovat pouze předehřáté polotovary, jinak by došlo k jejich poškození i zničení lisu. Vzdálenost zápustek mezi dolní úvratí beranu při zapružení lisu tvoří výšku můstku výronku. Zásobník se nejčastěji zhotovuje vybráním až k okraji horní zápustky. Výronková drážka je dána výškou můstku, jeho délkou, která se značí 'b' a hloubkou zásobníku. Tvary výronkových drážek jsou vyobrazeny na obr. 39.

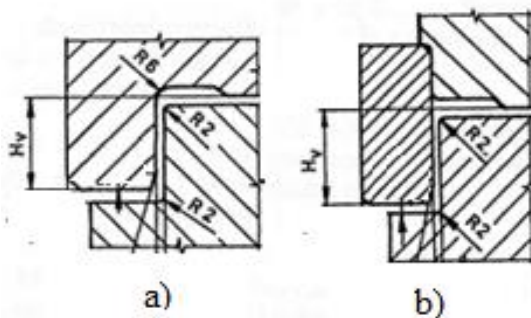


Obr. 39 Tvary výronkových drážek [35]

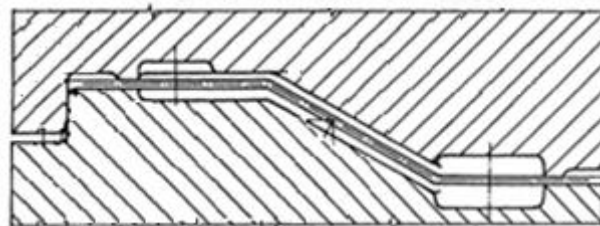
4.2 Vedení a upínání [2], [32], [35], [36], [37], [38]

U lisů je vedení zápustek zajištěno přesným polohováním smýkadla lisu a vodicími sloupky. Zpravidla se používají následující typy vedení:

- kruhové – zhotovuje se v horní zápustce (obr. 40a), nebo může být nalisováno (obr. 40b); obvyklé použití pro výkovky rotačního tvaru; výška vedení se značí H_v .
- zámkové - se používá u výkovků s lomenou dělicí rovinou pro zachycení nežádoucích tangenciálních sil. Zámkové vedení je zobrazeno na obr. 41.

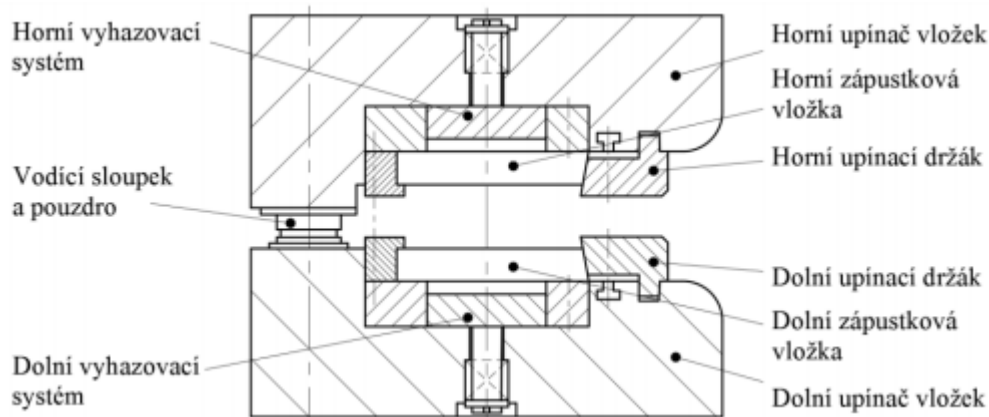


Obr. 40 Kruhové vedení [38]



Obr. 41 Zámkové vedení [38]

Při konstrukci zápusťkových bloků je důležitou částí i způsob fixace zápusťky, ta se provádí prostřednictvím šroubů a vložek do upínacích držáků. Tvar zápusťek bývá nejčastěji kruhový nebo obdélníkový. Jsou uloženy na kalené desce, ve které jsou vybrány pro vyhazovače. Upínka se opírá o přední stranu, kde je úkos a o zadní stranu se zápusťka opírá osazenou lištou. Pomocí boční lišty se fixuje na jedné straně a úkosovou lištou a šrouby se provádí ustavení na straně druhé. Spodní držák je upevněn na stole a horní držák je upnut v beranu lisu. Příklad upnutí zápusťek je znázorněn na obr. 42.

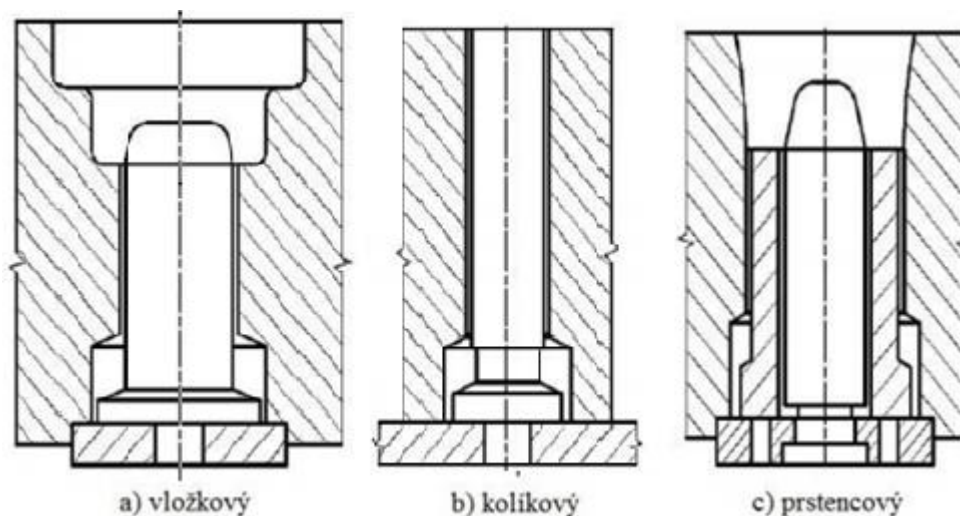


Obr. 42 Upínání zápusťek na svislých kovacích lisech [2]

4.3 Vyhazování výkovku [35], [39]

U lisu dochází k uvíznutí výkovku v zápusťce vlivem tření mezi zápusťkou a výkovkem, proto je zapotřebí vyhazovač. Způsob vyhazování výkovku ze zápusťek je vhodné volit podle konkrétního tvaru výrobku. Díky správně zvolenému vyhazovači dochází k výraznému zvýšení životnosti zápusťek. Podle tvaru činné části, která je v přímém styku s výkovkem, se rozlišují tyto typy vyhazovačů:

- Vložkové – jsou vhodné pro výkovky s blánou ve spodní části výkovku. Používají se minimálně. V případech když vyhazovací kolík příliš zeslabuje vložku a je vhodnější vyhození celou plochou, pak se kove bez blány s vnitřním výronkem (obr. 43a).
- Kolíkové – působí na blánu nebo výronek a bývají v provedení středovém, mimostředovém nebo umístěné v ploše výronku (obr. 43b).
- Prstencové – se využívají pro výkovky se zahlboubením ve středu. Průměry vyhazovače a předkovacího trnu se určí s ohledem na zjištěné přípustné tlaky, které jsou v dosedacích plochách. Tvary a rozměry se určují podle normy ČSN 22 8306 (obr. 43c).



Obr. 43 Vyhazovače pro svislé kovací lisy [35]

4.4 Mazání [2], [30]

Mazivo má chránit zápustku před opotřebením, chladit ji, zmenšovat tření a oddělovat povrch mezi zápustkou a výkovkem, zamezit ulpíváním okují a zlepšit tok tvářeného materiálu. Snižováním tření mezi zápustkou a materiálem se snižuje deformační odpor, síla a práce. Základní vlastností maziva je, že jeho účinky musí být stále i při vysokých provozních teplotách a tlacích. Využívá se několik druhů a z hlediska funkce se dělí na:

- Mazací účinky – snižují přilnavost a tření mezi výkovkem a zápustkou
- Uvolňovací účinky – ve styku s materiálem o vysoké teplotě shoří a vytvoří plyn a vodní páru, čímž uvolňují výkovek z dutiny

Dle typu se rozdělují na:

- Tuhá – bývají rozptýlena ve vodě nebo v oleji a pomocí rozprašování jsou nanášena na zápustky. Nejrozšířenějším mazivem v technické praxi je grafit, jehož dobré mazací vlastnosti jsou dány díky jeho krystalické struktuře. Grafit má také dobrou přilnavost a termickou stabilitu až do teplot 600 °C.
- Kapalná – jsou různé minerální, organické, emulgační oleje a syntetické látky. Oleje se vypařují kolem 200 °C. V zápustkovém kování se maziva využívají zejména díky jejich dobrému oddělování výkovku od zápustky.
- Konzistentní – jedná se o tuky a mazlavá mýdla, která se nanášejí ručně, a to není příliš vhodné, protože po vypaření zanechávají tuhé zbytky, které se musí poté odstranit. Výhodou těchto maziv je jejich odolnost proti vysokým tlakům.
- Piliny – se využívají u hlubokých zápustek k uvolnění výkovků. Výkovek se vyprostí díky vodní páře a plynům, které vznikají při spalování.
- Soli – jakmile se vypaří voda z rozprašeného solného roztoku, vytvoří se izolační vrstva solných krystalů, které chrání dutinu před zakováním okují, tyto na ně nemohou přilnout a snadno se ofoukají. Nevýhodou těchto maziv je znečištění stroje a jejich velké korozivní účinky. Využívá se roztoku kuchyňské soli, sody, ledku atd.
- Sklo – se nanese na materiál ve formě vaty popř. folie. Při ohřevu se nosič skla vypaří a samotné sklo vytvoří ochrannou vrstvu proti tvoření okují. Nevýhodou tohoto maziva je, že je nutné odstranit ztuhlé zbytky skla z dutiny zápustky.

5 VYUŽITÍ V PRAXI [40], [41], [42], [43], [44], [45]

Na trhu vystupuje mnoho firem, které se zabývají zápustkovým kovááním. Pro názornost je uvedeno několik z nich, s přehledem strojního a výrobního portfolia v tab. 9:

- Moravské kovárny, a.s. – Mokov - je komerční kovárna zaměřená na výrobu zápustkových výkovků z oceli tvářených za tepla. Dodává díly pro automobilový průmysl o hmotnosti 0,10 – 15 kg do průměru 300 mm a délky 400 mm. Ohřev materiálu provádí v indukčních průběžných pecích a okuje odstraňují z výrobků v pískových tryskách zařízeních. Pro zajištění maximální stability výrobního procesu a tím i kvality výroby zavádí společnost moderní prvky automatizace v podobě robotů a manipulátorů integrovaných do kovacíh linek. Firma využívá vřetenové lisy o silách 10 – 71 MN a klikové lisy (MAXI) o silách 10 – 25 MN.
- Kovárna VIVA a.s. – je jedna z nejmodernějších kováren střední Evropy a navazuje na tradici kovárny firmy Baťa. Specializuje se na výrobu zápustkových výkovků z legovaných, mikrolegovaných, uhlíkových a konstrukčních ocelí o váze 0,1 – 30 kg. Kovárna vyrábí výkovky s vysokou přesností a složitou geometrií, v malých i velkých sériích, ze standardních i speciálních materiálů za využití indukčního ohřevu. Nejvíce tato firma produkuje díly pro automotive (obr. 44), manipulační techniku, agrotechniku, strojírenství, důlní průmysl a zdravotnictví. Největší zastoupení v portfoliu výrobků zauímají díly pro převodovky, spojky, podvozkové díly, stabilizační systémy, tlumiče, brzdy a hydraulické motory. Pro produkci součástí využívá 12 výrobních linek, které jsou vybaveny kovacími lisami o silách 10 – 40 MN. Současná výrobní kapacita firmy je 10 milionů kusů výkovků za rok.



Obr. 44 Automotive díly [41]

- Czech precision forge a.s. – CPF - je česká kovárna produkující zápustkové výkovky z konstrukčních, vysoce legovaných a nerezových ocelí, slitin hliníku a mědi a speciálních materiálů jako je titan. Pro výrobu využívají vřeteno-hydraulických lisů LVH 4000 a LVH 5000, které jsou uspořádány v logické pracovní celky společně s indukčním ohřevem, okrajovacími lisami a odokujovacími zařízeními. Firma vyrábí a konstruuje potřebné kovářské nářadí, které vychází z požadavků zákazníka. Vyráběné výkovky o hmotnosti 5 – 50 kg (obr. 45) přechází z nejjednodušších tvarů, jako jsou např. kola do převodovek, víka měničů až po vysoce sofistikované tvary oběžných lopatek pro parní turbíny, klikové hřídele do pump a výkovky hliníkových kol do turbodmychadel.
- Zetor kovárna s.r.o. – moderní společnost s kořeny od roku 1954. Vyrábí zápustkové výkovky z konstrukčních, ložiskových a legovaných ocelí, o hmotnostech 0,2 – 40 kg a rozměrech do 400 mm průměru a do 500 mm délky, v malosériové i velkosériové výrobě. Mezi hlavní produkty firmy patří výkovky pro zemědělské stroje, tažná a nosná zařízení, ozubená kola a hřídele pro různé druhy motorů a převodovek včetně ojníc. K dispozici je 12 kovacíh lisů určených na svislé i vodorovné kování. Jsou použity svislé kovací lisy o silách 10 – 63 MN, vodorovné kovací lisy o tvářecí síle 8 MN. Výkovky jsou tepelně zpracovávány na 8 linkách v průběžných i komorových elektrických odporových pecích.



Obr. 45 Výrobky firmy CPF [43]

- HKS Forge s.r.o. – slovenská firma je významným výrobcem zápustkových výkovků pro strojírenský průmysl v Evropě. Pro zpracování výkresové dokumentace využívá program SolidEDGE. Tepelné zpracování ocelí je prováděno ve vozových, komorových i průběžných pecích. Pro kování výkovků z konstrukčních, nízko a vysoko legovaných, ložiskových i nerezových ocelí, o hmotnosti 0,5 – 25 kg. Kovárna je vybavena svislými kovacími lisami se silami 16 – 40 MN pro výkovky do 290 mm. Vodorovné kovací lisy o síle 12 MN mohou kovat výkovky až do 15 kg do průměru 140 mm a dále lisy pro kalibrování za studena se silami 10 – 20 MN. Jejich produkce pokrývá široké spektrum výrobků pro automotive, železniční a zemědělský průmysl. Mezi jejich výrobky patří díly pro převodovky osobních automobilů, díly návěsů tahačů, hřídele převodovek (obr. 46) a díly hydraulických motorů.
- Ostroj a.s. – Opavská firma, která je významným výrobcem sortimentu důlních zařízení. V jejich kovárnách probíhá zápustková výroba, která je prováděna na kovacích linkách (obr. 47) s klikovými kovacími lisami. Kovací linky mají indukční ohřevy s přesnou regulací a třídičkami přehřátých nebo nedohřátých kusů. Klikové kovací lisy jsou schopny dosáhnout síly 10 – 40 MN a vykovat výkovky 0,1 – 25 kg. Ty jsou limitovány maximálními rozměry: průměr do 280 mm, délka do 500 mm a výška do 250 mm. Využívají průběžné linky tepelného zpracování. Hlavní produkce dílů je pro automotive, např. Mercedes, Ford, VW, Lexus a BMW.



Obr. 46 Hřídel převodovky [44]



Obr. 47 Kovací linka [45]

Tab. 9. Přehledem strojního a výrobního portfolia vybraných firem

FIRMY	DRUHY A SÍLY LISŮ [MN]	HMOTNOSTI VÝKOVKŮ [kg]	OHŘEV	PRŮMYSL
MOKOV	vřetenové 10 – 71 klikové 10 – 25	0,10 – 15	indukční	automobilní
VIVA	svislé kovací 10 – 40	0,1 – 30	indukční	automobilní důlní zdravotnický zemědělský
CPF	vřeteno – hydraulické 40 – 50	5 – 50	indukční	automobilní energetický
ZETOR	svislé kovací 10 – 63	0,2 – 40	odporový	automobilní zemědělský
HKS	svislé kovací 16 – 40 vodorovné kovací – 12	0,5 – 25	odporový	automobilní zemědělský železniční
OSTROJ	klikové kovací 10 – 40	0,1 – 25	indukční	automobilní

6 ZÁVĚRY

Zápustkové kování na lisech je technologie využívána zejména v sériové výrobě ve většině oblastí průmyslu. Z hlediska produktivity výroby je snaha, aby se součást vyrobila za co nejkratší čas, proto se celý výrobní proces automatizuje a doplňuje roboty a manipulátory. Využitím plynulého zdvihu lisu se zhotovují především plošší výkovky s přesnými rozměry.

Lisy jsou silové tvářecí stroje, které pracují klidným tlakem pracovní části – beranu, která koná přímočarý vratný pohyb. Hlavní nevýhodou je zakování vzniklých okují do výkovku. Pro zápustkové kování se používají lisy hydraulické i mechanické. Mechanické jsou všestranné a mají nižší pořizovací cenu, ale hrozí u nich přetížení. Hydraulické mají plynulou regulaci tlaku i rychlosti a dosahují velkých sil, ale je obtížné zjistit poruchy z důvodu složitější konstrukce pohonu.

Pro dosažení kvalitního výkovku je nutný správný ohřev polotovaru na kovací teplotu. K tomu jsou vhodné například elektrické odporové pece, které mají přesně regulovatelnou teplotu. Tím je dosaženo snížení deformačního odporu, opotřebení nástrojů a potřebná tvářecí síla. Při ohřevu vznikají vady, které lze ve většině případů odstranit.

Návrh výkovku vychází z výkresové dokumentace požadovaného dílu. Zde je nutno navrhnout optimální způsob kování s přihlédnutím na technologické a ekonomické hledisko. Dle tvaru výrobku se volí dělicí rovina, velikost přídavků, přípustné mezní úchylky a tolerance, které odpovídají zařazení tvarové složitosti dle ČSN 42 9002. Na základě zmíněných údajů lze navrhnout dutinu zápustky, ve které je stlačen tvářený materiál na požadovaný tvar. Tváření výsledného výrobku je prováděno zpravidla ve třech operacích a pro každou operaci je jedna zápustková dutina. Přebytný materiál je po obvodu vytlačen ze zápustkové dutiny do výronkové drážky, která musí být otevřená, aby nedošlo k poškození zápustky ani lisu. Zápustky se na lisy upínají pomocí vložek do upínacích držáků a přesnost pohybu je zajištěna vodícími sloupky, zámků nebo kruhového vedení. Při kování může dojít k uvíznutí výkovku v zápustce vlivem tření mezi zápustkou a výkovkem, proto jsou lisy opatřeny vyhazovači.

Vliv tření snižují maziva, která současně chrání dutinu zápustky před opotřebením. Mezi nejčastěji používaná maziva patří grafit, který má dobrou přilnavost a termickou stabilitu.

Na trhu se zápustkovými výkovky působí firmy, které se touto problematikou zabývají. Pro lepší představu byly v práci uvedeny příklady firem a jejich stručný přehled včetně strojního a výrobního portfolia. Mezi nejmodernější kovárny střední Evropy patří kovárna VIVA, která se specializuje na výrobu zápustkových výkovků o váze 0,1 – 30 kg. Produkuje výkovky ve velkých i malých sériích pro automotive, manipulační techniku, agrotechniku a zdravotnictví. Pro výrobu využívají 12 výrobních linek, které jsou vybaveny kovacími lisami o silách 10 – 40 MN.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [46]

1. Technická univerzita Liberec. *Studijní materiál* [online]. [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
2. HAŠEK, Vladimír. *Kování: Pomůcka pro studenty vysokých a odborných škol*. Praha: SNTL, 1965
3. ŘASA, Jaroslav, Jindřich KAFKA a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 4: návrhy nástrojů, přípravků a měřidel: zásady montáže*. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003. ISBN 80-718-3284-7.
4. Zápustkové kování: *drop forging* [online]. [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <http://www.dropforging.net/>
5. ČADA, Radek. *Technologie I. Studijní opora*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2020-12-12]. ISBN 987-80-248-1507-7. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/TECH1/Technologie-I.pdf>
6. Kované nástroje a nářadí na míru. *Jaroslav Veselý - kovářství a výroba z kovu* [online]. [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.jaroslavvesely.cz/galerie/category/54-kovane-nastroje-a-naadi-na-miru>
7. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Brno: CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2032-4.
8. ELFMARK, Jiří. *Tváření kovů*. Praha: SNTL, 1992. 528 s. ISBN 80-03-00651-1
9. PFROGNER, F., MOJŽIŠ, A. *Základy teorie a technologie tváření kovů*. Plzeň: VŠSE, 1980. 198 s.
10. DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno : CERM 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
11. Digilent Inc. Blog — *Hands On Learning. Every Student. Every Assignment*. [online]. [cit. 2021-02-22]. Dostupné z: <https://blog.digilentinc.com/induction-heating/#prettyPhoto>
12. Studium oduhličení povrchových vrstev ložiskových ocelí 100Cr6. *METAL 2014 - Metalurgie a materiály* [online]. Hradec nad Moravicí, 2007 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: http://metal2014.tanger.cz/files/proceedings/metal_07/Lists/Papers/101.pdf
13. Komerové pece pro ohřev v kovárnách. *Průmyslové pece E-therm TZ* [online]. [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.ethermtz.cz/>
14. Tváření kovů. *Personalizace výuky prostřednictvím e-learningu* [online]. Ostrava, 2012 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/TVKB/Tvareni%20kovu.pdf>
15. BRJUCHANOV, Andrej Nikolajevič a A. V. REBEL'SKIJ, 1955. *Zápustkové kování: konstrukce a výpočet nástrojů: určeno pro kovárenské techniky a studující*. Přeložil Vladimír HORSKÝ, přeložil Antonín STROCH. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Řada strojírenské literatury.
16. ŽĐAS: *Tvářecí stroje* [on-line]. [citováno 2021-02-16]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=7>.
17. KOVÁČ, Andrej a Milan JENKUT. *Tvárníacie Stroje*. Vyd. 1. Bratislava: ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n. p., 1978. 814 s

18. HÝSEK, Rudolf. *Tvářecí Stroje 1971*. Vyd. 1. Praha: ANTL - Nakladatelství technické literatury, 1972. 600 s.
19. Harsle. *Harsle products* [online]. [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.harsle.com/product-list.html>
20. Mechanické hydraulické lisy. *Techstroj* [online]. c2012 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/index.html>
21. ŽENÍŠEK, J.; JENKUT, M.: *Výrobní stroje a zařízení*, Praha: SNTL 1990. ISBN 80-03-00272-9
22. Šmeral - Tvářecí stroje. *Šmeral* [online]. [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.smeral.cz/cs/home/tvareci-stroje>
23. STANĚK, Jiří. *Základy stavby výrobních strojů: Tvářecí stroje*. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2004. 126 s.
24. Crank mechanism. *FreeAptitude* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.freeaptitudecamp.com/velocity-analysis-slider-crank-mechanism-graphical-method/>
25. HLAVÁČ, J.: *Centrum výzkumu konstrukce tvářecích strojů*. MM Průmyslové spektrum. 2008, č. 10, s. 14. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/centrum-vyzkumu-konstrukce-tvarecich-stroju>.
26. Harsle. *Struktura a princip klikového lisu* [online]. 2019 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://cs.harsle.com/Struktura-a-princip-klikov%C3%A9ho-lisu-id8736094.html>
27. ČSN 42 9002, *Rozdělení zápusťkových výkovků podle složitosti tvaru*. 1971. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření.
28. ČSN 42 9030. *Výkovky ocelové zápusťkové: Přídavky na obrábění, mezní úchytky rozměrů a tvarů*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 13.10. 1986. 24 s.
29. ČERMÁK, Jan, 2004. *Podklady pro technologický postup zápusťkového kování* [online]. Praha [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: <http://u12133.fsid.cvut.cz/assets/Uploads/vykovek-zadani.pdf>
30. LIDMILA, Zdeněk, 2008. *Teorie a technologie tváření II*. Brno: Univerzita obrany. ISBN 9788072135802.
31. ČADA, Radek, Jakub MACHÁLEK a Barbora FRODOVÁ. *Týmová cvičení předmětu Technologie tváření a slévání: návody do cvičení předmětu "Technologie tváření a slévání"*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2718-6.
32. NOVOTNÝ, Karel. *Speciální technologie I*. 2. vyd. Brno: VUT, 1999. 171 s. ISBN80-214-0404-3.
33. SUCHOPÁREK, Rudolf, 1956. *Základy zápusťkového kování oceli*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
34. DRASTÍK, František. *Výpočty z oboru kování a lisování*. 1. Vyd., Praha: SNTL Praha, 1991. 192s. Edit. Makarius, M., L 13-E1-IV-41/22334/XI, DT 621.73
35. ČSN 22 8306. *Zápusťky pro svislé kovací lisy. Směrnice pro konstrukci*. Schválená: 26. 11. 1990. Účinnost od: 1. 12. 1991.
36. ČERMÁK, Jan., et al. *Přípravky a nástroje pro tváření kovů za tepla*, ČVUT, Praha 1973. ISBN 80-214-0294-6.
37. ČSN 21 1420. *Upínání zápusťek na svislých klikových kovacích lisech*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 26.2.1970. 17 s.

38. ČSN 22 8306. *Zápustky pro svislé kovací lisy: Technické požadavky na konstrukci*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 26.11.1990. 30 s. MDT 621.73.073.
39. KOTOUČ, Jiří, et al. *Tvářecí nástroje*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1
40. Mokov. *Moravské kovárny, a.s.* [online]. Jihlava [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://mokov.com/fotogalerie/mokov>
41. Viva. *Kovárna VIVA – špičkové kování, prvotřídní ocel, unikátní řešení* [online]. Zlín, 2021 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.viva.cz/>
42. Výkovky na míru pro zemědělskou i dopravní techniku, pro stavební stroje a motory. *Zetor kovárna* [online]. Brno, již od roku 1954 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.zetorkovarna.cz/>
43. CPF. *Volné výkovky, zápustkové výkovky, výkovky z oceli*. [online]. Plzeň [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <http://www.cpforgem.com/cs/>
44. HKS Forge [online]. Trnava [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.hksforge.sk/sk/>
45. *Ostroj* [online]. Opava, od roku 1878 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/kovani-zapustkovych-vykovku>
46. CITACE PRO. Generátor citací [online]. [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A ₁	Eutektoidní teplota	[°C]
A ₃	Teplotní hranice překrystalizace tuhého austenitu	[°C]
b	Šířka můstku	[mm]
B	Největší šířka výkovku	[mm]
C ₀	Souč. snížení plasticity mat. u výronku vlivem poklesu teploty	[-]
D	Maximální průměr výkovku	[mm]
D _D	Průměr výkovku	[mm]
D _{red}	Redukovaný průměr	[mm]
D _v	Průměr výkovku bez výronku v dělicí rovině	[mm]
F	Jmenovitá síla	[N]
F _k	Kovací síla	[N]
F _N	Síla od normálových složek napětí	[N]
F _T	Síla od tangenciálních složek napětí	[N]
g	Otřep	[mm]
h	Výška výkovku	[mm]
H	Největší výška výkovku	[mm]
H _l	Tloušťka blány	[mm]
H _b	Celkový zdvih beranu	[mm]
h _l	Jmenovitý zdvih lisu	[mm]
h _m	Výška můstku	[mm]
p	Přesazení	[mm]
r	Radius hrany	[mm]
r _j	Vzdálenost těžiště plochy od osy výkovku	[mm]
R	Zaoblení přechodu	[mm]
R _{mT}	Pevnost materiálu za kovací teploty	[MPa]
s	Sestřižení	[mm]
S _j	Velikost dílčí plochy pod křivkou napětí	[MPa.mm]
S _{j+1}	Velikost následující dílčí plochy pod křivkou napětí	[MPa.mm]
S _v	Plocha výkovku v dělicí rovině	[mm ²]
S _{výr}	Plocha průmětu výronku v šířce můstku do dělicí roviny	[mm ²]
T	Těžiště plochy	[mm]
v	Rychlost beranu	[m/s]
Z _n	Výška průřezu	[mm]
Δr _n	Šířka průřezu	[mm]
ΔS _j	Boční plocha výkovku v pohybujícím se dílu zápustky	[mm ²]
σ _{d0}	Napětí v bodě 0	[N.mm ⁻²]
σ _{dn-1}	Napětí v předchozím bodě	[N.mm ⁻²]
σ _p	Přirozený přetvárný odpor	[N.mm ⁻²]
ω	Úhlová rychlost	[rad/s]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Kované součásti [6]	9
Obr. 2 Zápustkové výkovky [4]	9
Obr. 3 Výkovek [4]	9
Obr. 4 Výkovky hromadné výroby [4]	9
Obr. 5 Kování v zápustce [7]	10
Obr. 6 Rozsah kovacíh teplot [1]	10
Obr. 7 Plynová komorová pec [13]	11
Obr. 8 Elektrická odporová pec [13]	11
Obr. 9 Indukční ohřev [11]	11
Obr. 10 Zokujený povrch [12]	12
Obr. 11 Oduhličená oblast [12]	12
Obr. 12 Mikrostruktura spálené oceli [14]	12
Obr. 13 Uzavřený stojan [19]	13
Obr. 14 Otevřený stojan [16]	13
Obr. 15 Diagram průběhu nárůstu normálových napětí u výkovku	14
Obr. 16 Klikový mechanismus [24]	15
Obr. 17 Svislý kovací lis [22]	16
Obr. 18 Vodorovný kovací lis [22]	16
Obr. 19 Kolenový mechanismus [23]	17
Obr. 20 Kolenový lis [22]	17
Obr. 21 Vřetenový lis [16]	17
Obr. 22 Schéma pohybu pohonu [17]	17
Obr. 23 Druhy konstrukce hydraulických lisů [19]	18
Obr. 24 Části hydraulického lisu [25]	19
Obr. 25 Části mechanického lisu [26]	19
Obr. 26 Vyráběné kolo	20
Obr. 27 Dělicí roviny [5]	20
Obr. 28 Dělicí rovina se zámkem [10]	20
Obr. 29 Kování dvou kusů [7]	20
Obr. 30 Volba dělicí roviny	20
Obr. 31 Přídavky na obrábění	21
Obr. 32 Tvary kovacíh blán v předkovaném otvoru [28]	22
Obr. 33 Volba kovací blány	22
Obr. 34 Úkosy výkovku	23
Obr. 35 Zaoblení hran a přechody	24
Obr. 36 Úchytky tvaru [31]	25
Obr. 37 Předkovací dutiny pro lisy [32]	26
Obr. 38 Postup kování na lisu [30]	26
Obr. 39 Tvary výronkových drážek [35]	27
Obr. 40 Kruhové vedení [38]	28
Obr. 41 Zámkové vedení [38]	28
Obr. 42 Upínání zápustek na svislých kovacíh lisech [2]	28
Obr. 43 Vyhazovače pro svislé kovací lisy [35]	29
Obr. 44 Automotive díly [41]	30
Obr. 45 Výrobky firmy CPF [43]	30
Obr. 46 Hřídel převodovky [44]	31
Obr. 47 Kovací linka [45]	31

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Výhody a nevýhody hydraulických lisů	19
Tab. 2 Výhody a nevýhody mechanických lisů	19
Tab. 3 Přídavky na obrábění ploch přesného provedení [28]	22
Tab. 4 Nejmenší tloušťka dna, blány ‘H1’ a stěny ‘s’ [28]	23
Tab. 5 Úkosy zápusťkových výkovků [28]	23
Tab. 6 Přechody a zaoblení hran [28]	24
Tab. 7 Mezní úchytky přechodů a zaoblení hran [28]	24
Tab. 8 Stupeň přesnosti dle ČSN 42 9030 [28]	25
Tab. 9 Přehledem strojního a výrobního portfolia vybraných firem	31

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Rozdělení výkovků podle tvarové složitosti [27]	
---	--

Příloha 1 - Zařazení tvarové složitosti výkovků [27]

1/2

Viz. Kapitola 3.2

Každý výkovek musí být zařazen v určité kategorii, která se volí podle jejich tvaru a velikosti. Kategorie se určují k správnému určení přídavek a tolerancí. K tomuto zařazení výkovků slouží norma ČSN 42 9002, která rozděluje výkovky pomocí pěti čísel:

XXXX – X

1. číslo - tvarový druh
2. číslo - tvarová třída
3. číslo - tvarová skupina
4. číslo - tvarová podskupina
5. číslo - technologické hledisko

1. Tvarový druh: **X**xxx – x

- 4 - výkovky kruhového průřezu plné
- 5 - výkovky kruhového průřezu duté
- 6 - výkovky hranolovitých tvarů plné i duté
- 7 - výkovky s ohnutou osou
- 8 - složitých tvarů s přímou dělicí plochou
- 0 - výkovky s lomenou dělicí plochou

2. Tvarová třída: x**X**xx – x

Výkovky tvarového druhu 4-8 se dělí do tříd dle:

- 1 - konstantní průřez
- 2 - kuželovité (jehlanovité, klínovité)
- 3 - jednostranně osazené
- 4 - oboustranně osazené
- 5 - osazené s kuzelem (jehlanem, klínem)
- 6 - prosazené
- 7 - kombinované
- 8 - kombinované s kuzelem
- 9 - členité (u tvarového druhu 8 – výkovky háků)
- 0 – neobsazeno

Výkovky tvarového druhu 0 a 9 se dělí podle:

- 1 - převážně kruhový průřez
- 2 - převážně plochý průřez
- 3 - s hlavou a jedním ramenem
- 4 - s hlavou a více rameny
- 5 - jednostranně rozvidlené
- 6 - oboustranně rozvidlené
- 7 - zalomené
- 8 - šroubovité (stoupání < 1) – pouze u tvarového druhu 0
- 9 - šroubovité (stoupání > 1) – pouze u tvarového druhu 0

3. Tvarová skupina: xx**X**x – x

Výkovky, které jsou zařazeny do jednotlivých tvarových tříd, jsou čísla 1 až 8 dále tříděny podle štíhlostních a jiných dále uvedených poměrů. Výkovky tvarového druhu 4, 6 a 7. s dělicí plochou ve směru hlavní osy (souměrné/nesouměrné), jsou děleny na výkovky bez otvoru (značené 1 až 4) a na výkovky s otvorem (značené 5 až 8). Výkovky dle technologického hlediska 3, 4, 5 s dělicí plochou kolmo na hlavní osu a 6, 7, 8 výkovky vyrobené na vodorovných lisech, jsou zásadně děleny na výkovky plné (značené 1 až 4) a duté (značené 5 až 8). Dále se výkovky rozdělují na nízké a vysoké, krátké a dlouhé. Následně jsou děleny podle různých vzájemných poměrů výšek, šířek, velikosti úhlů ohybu nebo počtem ohybů, velikostí rozvidlení, počtu zalomení, úhlu polohy jednotlivých ramen zalomených hřídelů a velikosti úhlu natočení listů lopatek.

4. Tvarová podskupina: xxx**X** – x

- 1 - přesah v poměru $L : B$ (D) nebo $H : B$ (D)
- 2 - přesah v poměru $H : H_1$ (D : D1)
- 3 - přesah v poměru $B : B_1$
- 4 - přesah v poměru $F : F_1$
- 5 - přesah v hloubce dutiny $h : d$ nebo úhlů listů lopatek β
- 6 - přesah v tloušťce dna nebo blány H_1
- 7 - přesah v tloušťce stěny s nebo velikosti rozvidlení $l : b$
- 8 - přesah v zaoblení přechodů a hran R, r
- 9 - kombinace několika přesahů
- 0 - bez přesahu

5. Technologické hledisko: xxxx – **X**

- 1 - výkovky s dělicí plochou ve směru hlavní osy souměrné
- 2 - výkovky s dělicí plochou ve směru hlavní osy nesouměrné
- 3 - výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu souměrné
- 4 - výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu nesouměrné
- 5 - výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu s ozubením
- 6 - výkovky na vodorovných kovacíh lisech souměrné
- 7 - výkovky na vodorovných kovacíh lisech nesouměrné
- 8 - výkovky zhotovené na vodorovných kovacíh lisech ozubením
- 9 - výkovky s více dělicími plochami
- 0 - neobsazeno